

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR TAHAN GEMPA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK 6 LANTAI SESUAI SNI 1726:2019

¹Rizal Adi Imawan*, ²Ibnu Chasan

^{1,2} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:
ibnu.chasan10@gmail.com

Abstrak

Perancangan suatu bangunan merupakan suatu hal penting untuk diperhatikan pada saat pembangunan suatu bangunan. Bangunan yang berada di wilayah gempa harus dirancang terhadap gaya geser gempa. Hal ini bertujuan untuk mencegah dampak kerugian yang signifikan akibat terjadinya gempa. Perancangan bangunan tahan gempa untuk Gedung ini difungsikan sebagai Laboratorium Teknik. Dalam perancangan struktur Gedung ini akan dirancang menggunakan struktur utama Portal Baja. Dalam laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk merancang sistem struktur rangka yang terdiri dari komponen Balok, Kolom dan Pelat Lantai, menganalisis Ketidak beraturan struktur, serta menganalisis penurunan pondasi. Pada permodelan struktur dan menganalisa struktur menggunakan aplikasi SAP 2000 v.24 yang menyesuaikan dengan peraturan Standardisasi perancangan (SNI 1726:2019), (SNI 1729:2019) dan (SNI 1727:2020). Berdasarkan hasil analisis, Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Laboratorium Teknik 6 Lantai menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dengan memperoleh hasil analisis ragam getar struktur pada Mode 1 dan 2 bangunan mengalami Translasi Arah X dan Y dengan periode getar sebesar 1,140 detik untuk Arah X dan 0,816 detik untuk Arah Y serta pada Mode 3 mengalami Rotasi dengan periode getar sebesar 0,812 detik.

Kata Kunci : Perancangan Ulang; Gempa; Portal Baja

Abstract

The design of a building is an important thing to consider when constructing a building. Buildings located in earthquake areas must be designed against earthquake shear forces. This aims to prevent the impact of significant losses due to earthquakes. Earthquake-resistant building design for this building functions as an engineering laboratory. In designing the structure of this building will be designed using the main structure of the Steel Portal. In this Final Project report aims to design a frame structure system consisting of beam, column and floor plate components, analyze structural irregularities, and analyze foundation settlement. In modeling the structure and analyzing the structure using the SAP 2000 v.24 application which adapts to design standardization regulations (SNI 1726: 2019), (SNI 1729: 2019) and (SNI 1727: 2020). Based on the analysis results, the Earthquake Resistant Structure Redesign of the 6-Storey Engineering Laboratory Building uses a Special Moment Bearing Frame System (SRPMK). By getting result of the analysis of various structural vibrations in Modes 1 and 2, the building experiences translation in the X and Y directions with a vibration period of 1,140 seconds for the X and 0,816 seconds for the Y direction and in Mode 3 it experiences rotation with a vibration period of 0,812 seconds.

Keywords : Re-design; Eartquake; Steel Protal

I. PENDAHULUAN

Merancang sebuah bangunan adalah aspek penting yang harus diperhatikan selama proses konstruksi. Bangunan yang berada di wilayah rawan gempa harus dirancang untuk menahan gaya geser gempa. Kota Semarang, yang terletak di Zona Gempa Sedang, mewajibkan setiap struktur bangunannya untuk diperhitungkan terhadap gaya geser gempa dalam perancangannya. Tujuannya adalah untuk mencegah dampak kerugian yang signifikan akibat gempa.

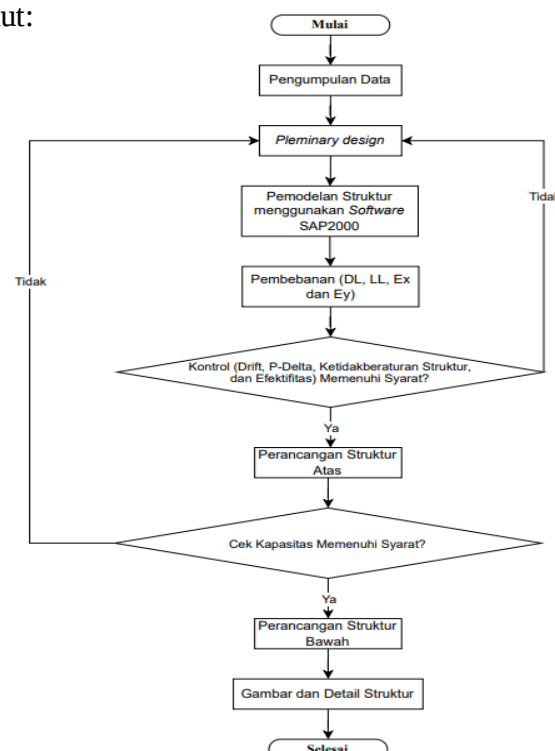
Dalam perancangan struktur Gedung Laboratorium Teknik ini, akan digunakan struktur utama berupa Portal Baja. Portal Baja dipilih sebagai sistem struktur tahan gempa karena memiliki kemampuan untuk menanggulangi tekanan gempa yang kuat. Perancangan gedung ini disesuaikan dengan Standar Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019) serta Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2019).

II. METODE

Metode perancangan bangunan Gedung bertingkat tinggi mengarah pada beberapa peraturan supaya menciptakan struktur yang aman dan kuat diantaranya beban desain minimum dan kriteria tertentu untuk bangunan Gedung dan bangunan lain (SNI 1727:2020), Standar Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019) dan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847-2019).

Faktor penting dalam mendesain struktur bangunan adalah pembebanan. Oleh karena itu saat mendesain struktur harus mengenali beban – beban yang bekerja pada Gedung. Perhitungan pembebanan pada Gedung Laboratorium Teknik 6 lantai mengacu pada SNI 1727:2019 mengenai beban minimum perancangan gedung dan perhitungan gaya geser dasar nominal statik ekuivalen akibat gempa berdasarkan SNI 1726:2019.

Pada perancangan dan analisis perhitungan suatu struktur gedung dapat dilihat pada diagram alir berikut:



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ragam Getar Struktur

Struktur Gedung Laboratorium Teknik 6 (enam) lantai ini didesain dengan Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Permodelan didesain sesuai dengan SNI 1726-2019.

Pada Gedung Laboratorium Teknik 6 Lantai, bangunan mengalami:

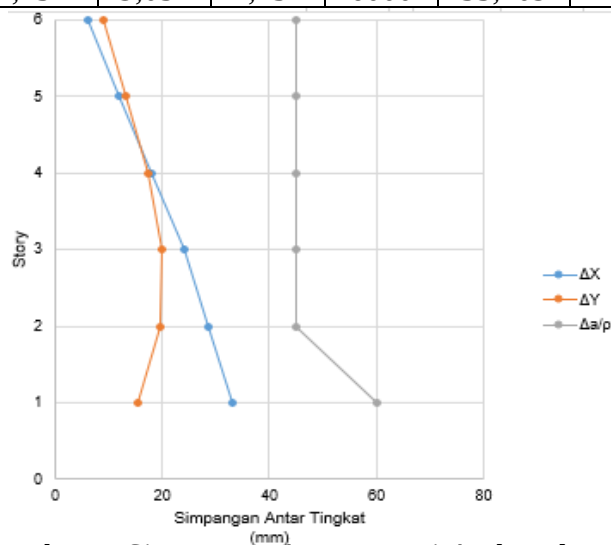
- Mode 1 : Translasi Arah X (1,141 Detik)
- Mode 2 : Translasi Arah Y (0,816 Detik)
- Mode 3 : Rotasi (0,812 Detik)

Simpangan Antar Lantai

Hasil analisis simpangan antar tingkat (story drift) arah X dan Y pada gedung A ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Pengecekan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
6	33,181	25,718	1,631	2,469	4500	5,981	9,053	45,000	OK
5	31,550	23,249	3,223	3,587	4500	11,818	13,151	45,000	OK
4	28,327	19,663	4,906	4,728	4500	17,989	17,337	45,000	OK
3	23,421	14,934	6,600	5,398	4500	24,199	19,792	45,000	OK
2	16,821	9,537	7,764	5,305	4500	28,467	19,453	45,000	OK
1	9,057	4,231	9,057	4,231	6000	33,209	15,515	60,000	OK



Gambar 1. Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y

Berdasarkan hasil kontrol simpangan antar tingkat semua simpangan tidak melebihi batas izinnnya.

Pengaruh P-Delta

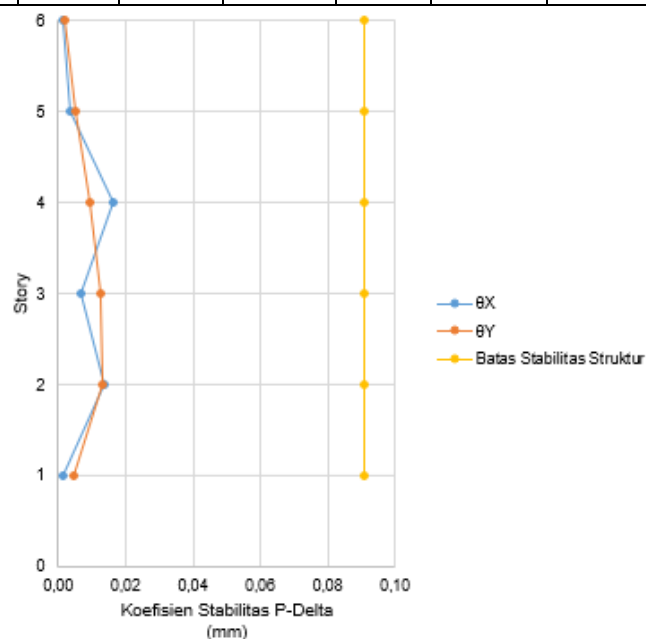
Pengaruh P-Delta ditentukan dengan koefisien stabilitas (θ). Jika nilai θ lebih kecil dari nilai θ maksimum, maka pengaruh P-Delta diabaikan.

$$\theta_{\max} = 0,5/(C_d \times \beta) = 0,5/(5,5 \times 1) = 0,0909$$

Hasil perhitungan P-Delta arah X dan arah Y gedung A yang didapat dari ETABS dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan P-Delta Arah X dan Y

Story	Inelastic Drift		Story Forces			h (mm)	Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, $\theta_{\max}$	Cek
	Δ_X	Δ_Y	P	V_x	V_y		θ_X	θ_Y			
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)						
6	5,981	9,053	7,19	1,86	2,03	4500	0,0014	0,0019	0,1	0,0909	OK
5	11,818	13,151	21,85	4,59	3,44	4500	0,0034	0,0051	0,1	0,0909	OK
4	17,989	17,337	21,62	1,45	2,38	4500	0,0162	0,0095	0,1	0,0909	OK
3	24,199	19,792	21,23	4,86	2,02	4500	0,0064	0,0126	0,1	0,0909	OK
2	28,467	19,453	20,77	2,60	1,87	4500	0,0138	0,0131	0,1	0,0909	OK
1	33,209	15,515	20,76	25,27	3,39	6000	0,0012	0,0043	0,1	0,0909	OK



Gambar 2. Diagram P-Delta Arah X dan Arah Y

Ketidak beraturan Struktur

Hasil pengecekan Ketidak beraturan Horizontal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Pengecekan Ketidak beraturan Horizontal

No	Tipe Ketidak beraturan Horizontal	Keterangan
1	Ketidak beraturan Torsi 1a	Tidak Ada
2	Ketidak beraturan Torsi berlebihan 1b	Tidak Ada
3	Ketidak beraturan sudut dalam	Tidak Ada
4	Ketidak beraturann diskontinuitas diafragma	Tidak Ada
5	Ketidak beraturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang	Tidak Ada
6	Ketidak beraturan sistem non paralel	Tidak Ada

Hasil pengecekan Ketidak beraturan Vertikal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Hasil Pengecekan Ketidak beraturan Vertikal

No	Tipe Ketidak beraturan Vertikal	Keterangan
1	Ketidak beraturan kekuatan tingkat lunak	Tidak Ada
2	Ketidak beraturan kekuatan tingkat lunak berlebihan	Tidak Ada
3	Ketidak beraturan berat massa	Tidak Ada
4	Ketidak beraturann geometri vertikal	Tidak Ada
5	Ketidak beraturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral	Tidak Ada
6	Ketidak beraturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat	Tidak Ada
7	Ketidak beraturan tingkat lemah berlebihan akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat	Tidak Ada

Perancangan Kolom

Perhitungan profil baja Kolom HWF 800 x 350 dengan memperhitungkan parameter LTB berdasarkan ketentuan Bab F2

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 1,76 \times 91,796 \sqrt{\frac{200000}{290}} \\
 &= 4242,8 \text{ mm} \rightarrow 4,25 \text{ m} \\
 C &= 1 \\
 C_w &= 39453331028664 \\
 r_{ts}^2 &= \sqrt{\frac{I_y C_w}{S_x}} \\
 &= 2794,71 \\
 r_{ts} &= 52,86
 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{(0,7 F_y)} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$= 5659 \text{ mm}$$

$$= 5,7 \text{ m}$$

$$L_b = 2 \text{ m}$$

Untuk $L_b < L_p$, maka Tidak terjadi LTB

Kuat Lentur Balok ditentukan oleh kondisi Leleh :

$$M_c = \phi M_n = 0,9 \times 3553,81 = 3198,43 \text{ kNm}$$

Menghitung Persamaan Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur, Dengan Nilai Pr Didapat Dari Perhitungan Program SAP 2000

$$P_r = 1244,97$$

$$P_c \geq P_r$$

$$4856,89 \geq 121,422$$

Dari perbandingan di atas kekuatan tersedia lebih besar dari kekuatan perlu, maka persyaratan kekuatan terpenuhi sehingga profil HWF 800 x 350 aman terhadap beban yang bekerja.

$$D/C \text{ Rasio} = \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} = \frac{121,422}{4856,89} = 0,25 \geq 0,2$$

Jika $\frac{P_r}{P_c} > 0,2$ maka:

$$D/C \text{ Rasio} = \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$= 0,025 + 0,001 + 0,218 \leq 1$$

Perancangan Balok

Perhitungan profil baja Balok HWF 450 x 200 dengan memperhitungkan parameter LTB berdasarkan ketentuan Bab F2

Perhitungan L_r

$$1,95 r_{ts} \frac{E}{(0,7 F_y)} = 1,95 \times 50,32 \left(\frac{200000}{0,7 \times 240} \right)$$

$$= 1168142,857$$

$$\frac{J_c}{S_x h_o} = \frac{280649,3 \times 1,0}{1602870,813 \times 436}$$

$$= 0,00040$$

$$6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2 = 6,76 \left(\frac{0,7 \times 240}{200000} \right)^2$$

$$= 4,77 \times 10^{-6}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{(0,7 F_y)} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$= 2350 \text{ mm}$$

$$= 2,35 \text{ m}$$

$$L_b = 2 \text{ m}$$

Diketahui Muv dari hasil analisis Program SAP 2000 V24 adalah 113,332.

$$\text{Rasio} = \frac{M_u}{\phi b \times M_n}$$

$$= \frac{113,332}{0,9 \times 387,6}$$

$$= 0,324$$

$$= \text{Rasio} \leq 1 \text{ (Aman)}$$

Perancangan Pelat Lantai

Analisis kerangka didapatkan melalui *Software* SAP 2000 v.24 sehingga didapat gaya-gaya yang terjadi pada pelat akibat adanya pembebanan. Momen yang diperhitungkan terhadap sumbu gedung yaitu searah Sumbu X dan Sumbu Y sesuai dengan Momen yang terjadi pada arah sumbu. Untuk perhitungan perancangan Tulangan Pelat Sumbu X dan tulangan Pelat Sumbu.

Penulangan Pelat

Untuk : $f'_c \leq 30 \text{ MPa}$

Untuk : $f'_c > 30 \text{ MPa}$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,5 \times (f'_c - 30) / 7 = 0,85$$

Faktor tahanan distribusi tegangan beton

$$\beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi *Balance*

$$P_b = \beta_1 \times 0,85 \times f'_c / f_y \times 600 / (600 + f_y)$$

$$P_b = 0,0528$$

Faktor Tahanan Momen Maksimum

$$R_{\max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \left(\frac{1 - 0,5 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times F_{c'}}$$

$$R_{\max} = 0,75 \times 0,0528 \times 280 \left(\frac{1 - 0,5 \times 0,75 \times 0,0528 \times 280}{0,85 \times 30} \right)$$

$$R_{\max} = 8,6773$$

Faktor reduksi kekuatan lentur

$$\phi = 0,80$$

Jarak Tulangan terhadap sisi luar beton

$$d_s = t_s + \emptyset / 2$$

$$= 26,0 \text{ mm}$$

Tebal Efektif Pelat Lantai

$$d = h - d_s$$

$$= 94 \text{ mm}$$

Ditinjau Pelat Lantai sebesar 1 m ($b = 1000 \text{ mm}$)

Momen Nominal Rencana

$$M_n = M_u / \phi$$

$$M_n = 8,770 / 0,80$$

$$M_n = 10,9625 \text{ kNm}$$

Faktor Tahanan Momen

$$R_n = \frac{M_n \times 10^6}{b \times d^2} = \frac{10,9625 \times 10^6}{1000 \times 94^2} = 1,24066$$

$$R_n < R_{\max} \text{ (Memenuhi)}$$

Perhitungan Pondasi Bored Pile

Perhitungan daya dukung pondasi Bored Pile menggunakan nilai N-SPT dengan menggunakan metode Resse and Wright dan Metode Skempton. Beban diambil nilai terbesar beban kombinasi yang didapat dari nilai reaksi tumpuan menggunakan aplikasi.

Kebutuhan Tiang Pondasi Metode Reese and Wright

Dari perhitungan sebelumnya dengan variasi dimensi 0,5 m didapatkan nilai Q_{all} sebesar 1374,247 kN.

Menghitung Jumlah Tiang

$$\Sigma P_{max} = 8819,415 \text{ kN}$$

$$Q_{all} = 1374,247 \text{ kN}$$

Nilai efisiensi grup 1 karena jarak antara > 3 meter sehingga Jumlah tiang yang dibutuhkan adalah

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{\Sigma P_{max}}{Q_{all}} \\ &= \frac{8819,415}{1374,247} \\ &= 6,4 \text{ tiang atau } = 7 \text{ tiang} \end{aligned}$$

Kebutuhan Tiang Pondasi Metode Skempton

Dari perhitungan sebelumnya dengan variasi dimensi 0,5 m didapatkan nilai Q_{all} sebesar 1156,457 kN

Menghitung Jumlah Tiang

$$\Sigma P_{max} = 8819,415 \text{ kN}$$

$$Q_{all} = 1156,457 \text{ kN}$$

Nilai efisiensi grup 1 karena jarak antara > 3 meter sehingga Jumlah tiang yang dibutuhkan adalah

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{\Sigma P_{max}}{Q_{all}} \\ &= \frac{8819,415}{1156,457} \\ &= 7,6 \text{ tiang atau } = 8 \text{ tiang} \end{aligned}$$

Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi kelompok tiang menurut *Converse-Labarre Formula* adalah sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \left(\frac{(n-1)}{90} \cdot \frac{m}{m} + \frac{(m-1)n}{n} \right)$$

Contoh perhitungan

$$\theta = \tan^{-1} \frac{d}{s} = \tan^{-1} \frac{50}{150} = 18,435$$

$$E_g = 1 - 18,435 \left(\frac{(3-1)}{90} \cdot \frac{3}{3} + \frac{(3-1)3}{3} \right)$$

$$E_g = 0,8144 = 81,44 \%$$

Kapasitas Izin Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times N_p \times Q_{all} \\ &= 0,8144 \times 7 \times 1374,247 \\ &= 7834,307 \text{ ton} \end{aligned}$$

Penurunan pada Tiang Tunggal

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_b + \xi \cdot Q_s)L}{A_p \cdot E_p} = 0,0156 \text{ m}$$

$$S_{e(2)} = \frac{Q_b \cdot C_p}{D \cdot Q_{ult}} = 0,0060 \text{ m}$$

$$S_{e(3)} = \frac{Q_s \cdot C_s}{L \cdot Q_{ult}} = 0,0043 \text{ m}$$

$$S_e = 0,0156 + 0,0060 + 0,0043 = 0,0259 \text{ m} = 2,59 \text{ cm}$$

Penurunan pada Tiang Kelompok

$$\begin{aligned}
 S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{S}{D}} \\
 &= 0,0259 \sqrt{\frac{1,5}{0,5}} \\
 &= 0,045 \text{ m} = 4,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Penurunan yang diijinkan

$$\begin{aligned}
 \text{penurunan yang diijinkan } (S_{ijin}) &= 10\% \times D \\
 &= 10\% \times 50 \\
 &= 5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Penurunan dikatakan aman apabila $S_e < S_{ijin}$, maka:

$$S_e < S_{ijin}$$

$$2,59 \text{ cm} < 5 \text{ cm} \quad (\text{Aman})$$

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis Struktur Gedung Laboratorium Teknik 6 Lantai yang dirancang sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indoensia, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan analisis struktur yang dilakukan berdasarkan SNI 1726:2019 didapatkan hasil sebagai berikut :
 - Kategori Desain Seismik Bangunan Gedung Laboratorium Teknik 6 Lantai termasuk dalam Kategori D, didapatkan dari nilai $SDS = 0,6765$ dan $SD1 = 0,4853$ sehingga dikategorikan kategori Risiko IV.
 - Kategori Kelas Situs Tanah di Lokasi Gedung Laboratorium Teknik 6 Lantai termasuk pada Kelas Situs Tanah Sedang (SD).
 - Jenis Sistem rangka Pemikul Momen yang digunakan dalam perancangan ulang gedung ini adalah Sistem Rangka Baja Pemikul momen Khusus, dengan Faktor Keutamaan Gempa (I_e) = 1,5, Nilai Koefisien Modifikasi Respons (R) = 8, Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0) = 8 dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5.
 - Analisis Ragam Getar Struktur pada Mode 1 bangunan mengalami Translasi Arah X dengan Periode Getar sebesar 1,140 detik, pada Mode 2 bangunan mengalami Translasi Arah Y dengan Periode Getar sebesar 0,816 detik dan pada Mode 3 mengalami rotasi dengan Periode Getar sebesar 0,812 detik.
- Berdasarkan hasil analisis Gedung Laboratorium Teknik 6 Lantai tidak memiliki Ketidak beraturan Struktur Vertikal ataupun Ketidak beraturan Struktur Horizontal.
- Profil baja yang digunakan pada perancangan ulang struktur bangunan Gedung Laboratorium Teknik 6 Lantai adalah profil baja dengan jenis H-WF, Ukuran dimensi yang digunakan pada kolom sebesar 900 x 350 mm dan 800 x 350 mm, sedangkan

dimensi pada balok induk sebesar 450 x 200 mm dan balok anak sebesar 250 x 250 mm.

- Jenis pondasi yang digunakan dalam perancangan struktur bawah bangunan ini adalah Pondasi *Bored Pile* Berdiameter 0,5 m dan kedalaman 20 m.

DAFTAR PUSTAKA

- A., Rezky, Gumelar., & Dentha, T. (n.d.). PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG 8 LANTAI DIREKTORAT PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT (PUPR) SEMARANG BERDASARKAN SNI 2847 TAHUN 2019.
- Candra Iseng, (181000222201066. (n.d.). PERENCANAAN STRUKTUR ULANG GEDUNG BADAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DAN NAGARI KABUPATEN PASAMAN BARAT.
- Choiroh Mukti, U. (2021). PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG EDUTORIUM UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA (Vol. 2, Issue 1). <http://jos-mrk.polinema.ac.id>.
- D., Lintang, Pradhani, D., & Rizky, M. (n.d.). PERBANDINGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DAN SISTEM GANDA PADA STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI.
- Nurul Fadilah, U., Tunafiah, H., & Halimah Tunafiah, I. (n.d.). ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA N-SPT MENURUT RUMUS REESE&WRIGHT DAN PENURUNAN.
- Nurul Fadilah, U., Tunafiah, H., & Halimah Tunafiah, I. (n.d.). ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA N-SPT MENURUT RUMUS REESE&WRIGHT DAN PENURUNAN.
- Putra, Rozy B. A., Budiyanto, S. (n.d.). REDESAIN STRUKTUR GEDUNG DUA BELAS LANTAI BERDASARKAN SNI 1726-2019 (Studi Pada Struktur Gedung FT-MIPA UNIMUS Semarang).
- Ramadhan, Rizki D., & Firmansyah, R. (2023). PERANCANGAN ULANG GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 10 LANTAI.
- Standardisasi Nasional Indonesia. (2019). SNI 1726:2019 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung”. BSN, Jakarta, Indonesia.
- Standardisasi Nasional Indonesia. (2019). SNI 1729:2019 “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”. BSN, Jakarta, Indonesia.
- Standardisasi Nasional Indonesia. (2020). SNI 1727:2020 “Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Bangunan lain”. BSN, Jakarta, Indonesia.

Sugesty, R., Danu, S., & Tirta, Y. (2024). PERANCANGAN ULANG STRUKTUR TAHAN GEMPA GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 10 LANTAI DENGAN STRUKTUR UTAMA PORTAL BAJA.

Tamimi Fikri, (n.d.). PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BAWAH GEDUNG DENGAN PONDASI BORED PILE (REDESIGN THE LOWER STRUCTURE OF A BUILDING USING BORED PILE).

Wathoni, M., (n.d.). REDESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL LOMBOK ASTORIA MATARAM DENGAN MENGGUNAKAN PORTAL BAJA DAN CROSS BRACING.